Recherches

Déterminismes et complexités : du physique à l'éthique

Autour d'Henri Atlan

COLLOQUE DE CERISY

Sous la direction de

PAUL BOURGINE
DAVID CHAVALARIAS
CLAUDE COHEN-BOULAKIA

La Découverte

Collection « Recherches »

La collection « Recherches » à La Découverte
Un nouvel espace pour les sciences humaines et sociales

Depuis les années 1980, on a assisté à un redéploiement considérable de la recherche en sciences humaines et sociales : la remise en cause des grands systèmes théoriques qui dominaient jusqu'alors a conduit à un éclatement des recherches en de multiples champs disciplinaires indépendants, mais elle a aussi permis d'ouvrir de nouveaux chantiers théoriques. Aujourd'hui, ces travaux commencent à porter leurs fruits : des paradigmes novateurs s'élaborent, des liens inédits sont établis entre les disciplines, des débats passionnants se font jour.

Mais ce renouvellement en profondeur reste encore dans une large mesure peu visible, car il emprunte des voies dont la production éditoriale traditionnelle rend difficilement compte. L'ambition de la collection « Recherches » est précisément d'accueillir les résultats de cette « recherche de pointe » en sciences humaines et sociales : grâce à une sélection éditoriale rigoureuse (qui s'appuie notamment sur l'expérience acquise par les directeurs de collections de La Découverte), elle publie des ouvrages de toutes disciplines, en privilégiant les travaux trans- et multidisciplinaires. Il s'agit principalement de livres collectifs résultant de programmes à long terme, car cette approche est incontestablement la mieux à même de rendre compte de la recherche vivante. Mais on y trouve aussi des ouvrages d'auteurs (thèses remaniées, essais théoriques, traductions), pour se faire l'écho de certains travaux singuliers.

L'éditeur

CERISY

Le Centre Culturel International de Cerisy organise, chaque année, de juin à septembre, dans le cadre accueillant d'un château construit au début du XVIIe siècle, monument historique, des colloques réunissant artistes, chercheurs, enseignants, étudiants, mais aussi un vaste public intéressé par les échanges culturels.

Une longue tradition culturelle

- Entre 1910 et 1939, Paul Desjardins organise à l'abbaye de Pontigny les célèbres **décades**, qui réunissent d'éminentes personnalités pour débattre de thèmes artistiques, littéraires, sociaux, politiques.

- En 1952, Anne Heurgon-Desjardins, remettant le château en état, crée le **Centre Culturel de Cerisy** et poursuit, en lui donnant sa marque personnelle, l'œuvre de son père.

- De 1977 à 2006, ses filles, Catherine Peyrou et Edith Heurgon, ont repris le flambeau et donné une nouvelle ampleur aux activités.

- Aujourd'hui, après la disparition de Catherine Peyrou, Cerisy continue sous la direction d'Edith Heurgon, grâce à l'action de Jacques Peyrou accompagné de ses enfants, avec le concours de toute l'équipe du Centre.

Un même projet original

- Accueillir dans un cadre prestigieux, éloigné des agitations urbaines, pendant une période assez longue, des personnes qu'anime un même attrait pour les échanges, afin que se nouent, dans la réflexion commune, des liens durables.

- Les propriétaires, qui assurent aussi la direction du **Centre**, mettent gracieusement les lieux à la disposition de l'**Association des Amis de Pontigny-Cerisy**, sans but lucratif et reconnue d'utilité publique, dont le Conseil d'Administration est présidé par Jacques Vistel, conseiller d'Etat.

Une régulière action soutenue

- Le **Centre Culturel** a organisé près de **500 colloques** abordant aussi bien les œuvres et la pensée d'autrefois que les mouvements intellectuels et les pratiques artistiques d'aujourd'hui, avec le concours de personnalités éminentes. Ces colloques ont donné lieu, chez divers éditeurs, à près de **350 ouvrages**.

- Le **Centre National du Livre** assure une aide continue pour l'organisation et l'édition des colloques. Les **collectivités territoriales** (Conseil Régional de Basse Normandie, Conseil Général de la Manche, Communauté de Communes de Cerisy), ainsi que la **Direction Régionale des Affaires Culturelles**, apportent leur soutien au fonctionnement du Centre, qui organise en outre. dans le cadre de sa **coopération** avec l'**Université de Caen** au moins deux rencontres annuelles sur des thèmes concernant directement la Normandie.

Renseignements : CCIC, 27 rue de Boulainvilliers, F – 75016 PARIS
Paris (Tél. 01 45 20 42 03, le vendredi a.m.), Cerisy (Tél. 02 33 46 91 66, Fax. 02 33 46 11 39)
Internet : www.ccic-cerisy.asso.fr ; Courriel : info.cerisy@ccic-cerisy.asso.fr

COLLOQUES DE CERISY
(Choix de publications)

- **Yves Bonnefoy. Poésie, recherche et savoirs**, Hermann Editeurs, 2007
- **Le symbolique et le social (autour de Pierre Bourdieu),** Univ. De Liège, 2005
- **Communiquer/transmettre (autour de Régis Debray**), Gallimard, 2001
- **Civilisations mondialisées? de l'éthologie à la prospective**, L'Aube, 2004
- **Connaissance, activité, organisation**, La Découverte, 2005
- **L'émergence des cosmopolitiques**, La Découverte, 2007
- **Auguste Comte aujourd'hui**, Kimé, 2002
- **Michel Deguy. L'allégresse pensive**, Belin, 2007
- **Jacques Derrida (La Démocratie à venir)**, Galilée, 2004
- **Le Développement durable, c'est enfin du bonheur**, L'Aube, 2006
- **L'économie des services pour un développement durable**, L'Harmattan, 2007
- **Umberto Eco (Au nom du Sens)**, Grasset, 2000
- **Education et longue durée**, Presses Universitaires de Caen, 2007
- **L'Espace de la relation : le réel et l'imaginaire**, EDK, 2003
- **L'Ethnométhodologie, une sociologie radicale**, La Découverte, 2001
- **Michel Foucault, la littérature et l'art**, Kimé, 2004
- **André Green, enjeux pour une psychanalyse contemporaine**, PUF, 2005
- **Herméneutique: textes, sciences**, PUF, 1997
- **Intelligence de la complexité : épistémologie et pragmatique**, L'Aube, 2007
- **Du dialogue au texte (autour de Francis Jacques**), Kimé, 2003
- **Logique de l'espace, esprit des lieux**, Belin, 2000
- **Henri Meschonnic, la pensée et le poème**, In Press, 2005
- **Modernité, la nouvelle carte du temps**, L'Aube, 2003
- **Les "nous" et les "je" qui inventent la cité**, L'Aube, 2003
- **Expériences de la perte**, PUF, 2005
- **Le Paysage, état des lieux**, Ousia, 2001
- **Propositions de Paix**, Revue Ethnopsy, Seuil, 2001
- **Prospective pour une gouvernance démocratique**, L'Aube, 2000
- **Les nouvelles raisons du savoir**, L'Aube, 2002
- **La philosophie déplacée : autour de Jacques Rancière**, Horlieu, 2006
- **Les limites de la Rationalité (I) et (II)**, La Découverte, 1997
- **Résistances au sujet — Résistance du sujet**, Presses Univ. de Namur, 2004
- **L'actualité du saint-simonisme**, PUF, 2004
- **Sciences cognitives (Introduction aux)**, Gallimard, Folio, 1994, réed. 2004
- **Les Sentiments et le politique**, L'Harmattan, 2007
- **S.I.E.C.L.E., 100 ans de rencontres: Pontigny, Cerisy**, IMEC, 2005
- **Charles Taylor (l'identité moderne)**, PU Laval/Cerf, 1995
- **Alain Touraine (Penser le sujet)**, Fayard, 1995
- **L'Utopie de la santé parfaite**, PUF, 2001
- **La Ville insoutenable**, Belin, 2006

SOUS LA DIRECTION DE
Paul Bourgine, David Chavalarias
et Claude Cohen-Boulakia

Déterminismes et complexités : du physique à l'éthique

Autour d'Henri Atlan

LA DÉCOUVERTE
9 *bis*, rue Abel-Hovelacque
75013 Paris
2008

Cet ouvrage est publié avec le concours du Centre de recherches en épistémologie appliquée (CREA).

Si vous désirez être tenu régulièrement informé de nos parutions, il vous suffit de vous abonner gratuitement à notre lettre d'information bimensuelle par courriel, à partir de notre site **www.editionsladecouverte.fr**, où vous retrouverez l'ensemble de notre catalogue.

ISBN 978-2-7071-5090-5

DANGER LE PHOTOCOPILLAGE TUE LE LIVRE

Ce logo a pour objet d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir du livre, tout particulièrement dans le domaine des sciences humaines et sociales, le développement massif du photocopillage. Nous rappelons donc qu'en application des articles L. 122-10 à L. 122-12 du code de la propriété intellectuelle, toute photocopie à usage collectif, intégrale ou partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris). Toute autre forme de reproduction, intégrale ou partielle, est également interdite sans autorisation de l'éditeur.

© Éditions La Découverte, Paris, 2008.

Sommaire

Préface 11
Paul Bourgine, David Chavalarias et Claude Cohen-Boulakia

I. Physique et formalismes

Introduction
David Chavalarias 17
1. L'indéterminisme entre deux infinis : absence de causes ou excès non maîtrisable de conditions ?
Michel Bitbol 25
2. Déterminisme et aléatoire dans les systèmes complexes : un faux débat ?
Annick Lesne 45
3. Situations critiques étendues : la singularité physique du vivant
Francis Bailly et Giuseppe Longo 57
4. L'arrêt impossible : le peintre et la machine
Éric Goles 77

II. Biologie

Introduction
David Chavalarias 85
5. Complexification de la mémoire génétique et de la fonction protéique
Jacques Demongeot et Georges Weil 91

6. Épigénomique et morphodynamique
François Képès et Sébastien Leclercq 113
7. « … Dans l'oubli de nos métamorphoses… »
La mort et la complexité du vivant
Jean-Claude Ameisen 127
8. La vie existe-t-elle ?
John Stewart 145
9. Complexités, sophistications, émergences en biologie
Paul-Antoine Miquel 159
10. Le virus du sida dans une nouvelle vision du corps.
Du déterminisme génétique à l'écosystème corporel
Pierre Sonigo 175
11. L'art est le vivant
Louis Bec 195

III. Cognition, conscience et liberté

Introduction
David Chavalarias 209
12. Déterminisme et liberté
dans la philosophie de Spinoza
Robert Misrahi 215
13. Déterminisme et liberté sur le versant bouddhiste
Roger-Pol Droit 227
14. Émergence de buts dans des réseaux auto-organisateurs :
un modèle mécanique d'intentionnalité
Henri Atlan 241
15. La complexité en psychanalyse
André Green 265
16. Réponse à Green
Henri Atlan 279
17. Agent rationnel : vers un calcul philosophique
Jean Sallantin 285
18. La cognition sociale et son envers
Pierre Livet 297

IV. Politique et éthique

Introduction
David Chavalarias 313
19. Le temps, le paradoxe
Jean-Pierre Dupuy 321

20. Responsabilités du politique face aux complexités
Michel Rocard 335
21. La grande complexité juridique du monde
Mireille Delmas-Marty 349
22. Du complexe au commun :
quelques réflexions sur la « prudence »
et la « libre nécessité » spinoziste
Laurent Bove 363
23. Les systèmes complexes obéissent-ils à des lois ?
Paul Bourgine 377
24. Liberté individuelle et déterminisme social
Gérard Weisbuch 395
25. Pour une éthique de la complexité
Claude Cohen-Boulakia 407

Épilogue
Henri Atlan 413

Liste des auteurs 423

Préface

Paul Bourgine, David Chavalarias
et Claude Cohen-Boulakia

Le mouvement général des sciences est de fournir les moyens théoriques d'une reconstruction des phénomènes, en élaborant des lois explicitant leurs régularités sous-jacentes. Aujourd'hui, l'attitude générale en sciences repose sur l'*a priori* des déterminismes, quelle que soit leur forme.

La pensée humaine, dans ses rapports au monde, est une confrontation permanente aux systèmes complexes qui nous habitent et dans lesquels nous habitons. Chacun d'eux possède une histoire propre qui le rend singulier et source continue de surprises. On se prend à le penser comme système autonome avec ses lois propres et ses degrés de liberté interne. Quand il s'agit de penser l'être humain, la tentation est encore plus forte de lui prêter un libre arbitre.

La question fondamentale est donc celle de la compatibilité entre la pensée scientifique en quête de déterminismes, et la compréhension des complexités, sources continues d'indéterminismes. Comment obtenir une conciliation quand, de la physique à l'éthique, en passant par la cellule biologique, les êtres multicellulaires et les sociétés, on remonte les niveaux d'organisation ? Peut-on y parvenir quant à l'être humain et la société sans remettre en question certains aspects cruciaux comme la responsabilité et la morale ?

Ce livre a pour but de revisiter ce débat fondamental, auquel Henri Atlan a consacré une grande partie de son œuvre, en s'appuyant, d'une part, sur les approches récentes de la modélisation des systèmes complexes et, d'autre part, sur la tradition philosophique multimillénaire.

Épistémologie des systèmes complexes

Structurés sur plusieurs niveaux d'organisation, composés d'entités hétérogènes elles-mêmes complexes, les systèmes complexes recouvrent

aussi bien les systèmes naturels que les systèmes artificiels sophistiqués dont l'homme s'entoure et qui s'inspirent de plus en plus des systèmes naturels.

Les systèmes complexes, depuis les objets nanoscopiques de la physique et de la biologie jusqu'à l'écosphère, résultent de processus d'émergence et d'évolution : les interactions individuelles engendrent des comportements collectifs qui peuvent manifester des structures organisées. Ces structures émergentes influencent en retour les comportements individuels. Les causes sont multiples et la causalité fonctionne à la fois de façon ascendante et descendante entre les niveaux d'organisation.

Mais comment appréhender cette réalité stratifiée en niveaux d'organisation disposant chacun de leurs échelles de temps et d'espace propres, tels le corps humain et les cellules qui le composent ? Comment opèrent les influences réciproques entre les comportements individuels et le comportement collectif ? Comment caractériser l'émergence de structures comme c'est le cas lors de l'embryogenèse ou dans les mouvements d'opinion ? Comment travailler à plus d'un niveau d'organisation comme le veulent de plus en plus les travaux en biologie et en sciences économiques et sociales ? Les questions sont foisonnantes et viennent inlassablement interpeller différentes échelles dans le temps, l'espace et les niveaux d'organisation.

On ne peut se passer de la distinction entre plusieurs niveaux d'organisation. Les « systèmes ne sont pas dans la Nature mais dans l'esprit des hommes » disait Claude Bernard. Il en va de même des niveaux d'organisation que, chaque fois, nous introduisons pour mieux comprendre, expliquer et modéliser les systèmes complexes. Cet ouvrage est un cheminement le long de ces niveaux que nous projetons sur le monde, parfois même sans y penser. Du physique à l'éthique et la politique en passant par la biologie et la cognition, les quatre parties de ce livre interrogent leurs possibles articulations, leurs enchevêtrements et leurs interdépendances.

DANS QUEL SENS LES SYSTÈMES COMPLEXES SONT-ILS « PRÉDICTIBLES » ?

Les questions théoriques soulevées par l'étude des systèmes complexes sont ainsi très variées. Mais la question majeure est celle de leur prédictibilité : dans quel sens sont-ils déterminés ou, encore, dans quelle mesure leur passé détermine-t-il leur avenir ?

Chacun d'entre eux est unique, avec une évolution déterminée par son histoire. Mais ses origines comme son évolution aux différentes échelles et son couplage passé avec son environnement sont imparfaitement connus. Leurs dynamiques multi-échelles comme les relations reliant les comportements individuels et les comportements collectifs émergents font l'objet de connaissances incomplètes. Ils sont en outre le siège de bifurcations multiples. Tout ceci rend difficiles les conditions mêmes de leur prédiction.

Avec les systèmes complexes, on se trouve ainsi devant l'impossibilité de prédire de façon exacte leur état futur. Faut-il pour autant basculer dans un principe d'indéterminisme épistémologique radical ? Les systèmes complexes pourraient-ils échapper à nos prédictions, radicalement ? Il est nécessaire d'apporter un cadre épistémologique à ce type de questionnement car la problématique de prédictibilité est au cœur de l'action individuelle, collective et politique.

De ce point de vue, l'épistémologie de la mécanique quantique est riche d'enseignement. L'équation de Schrödinger, exprime la loi d'évolution de la fonction d'onde de manière probabiliste. Il y a plusieurs interprétations de la mécanique quantique sur le plan des fondements de la physique et d'autres peuvent émerger. Mais il y a accord sur le fait que l'équation de Schrödinger – comme expression formelle – « représente bien », épistémologiquement, les phénomènes observés. Cette loi exprime en effet une adéquation très précise avec les résultats expérimentaux. Elle déplace le paradigme de la prédiction parfaite de l'évolution de l'état, comme en mécanique classique, vers une prédiction parfaite de l'évolution de sa probabilité. Au lieu de prédire exactement ce qui va être, on vise à prédire exactement ce qui peut arriver. On passe d'un déterminisme strict à un déterminisme en probabilité.

Pour les systèmes complexes, le non-déterminisme n'est pas synonyme d'imprévision radicale. Certes la prédiction parfaite de ce qui va arriver, au sens de Laplace, ne peut être faite en certitude et dans le détail. Mais l'idéal serait de prévoir en probabilité ce qui peut arriver, comme le fait l'équation de Schrödinger. Chaque fois que cet idéal n'est pas accessible, il faudra – à nouveau idéalement – être capable de préciser quelle est la nature des incertitudes qui demeurent. Et, ces incertitudes pourront aller jusqu'à l'imprévision radicale.

L'imperfection de nos prévisions doit être ici pensée, épistémologiquement, comme le résultat de nos méconnaissances. Cette limite épistémique de fait rejoint l'insistance constante d'Henri Atlan à définir la « complexité » comme ce qui échappe à nos connaissances, aspect développé de manière approfondie dans la première partie de cet

ouvrage. Une telle position est indépendante de la question de savoir si la Nature joue ou non aux dés, de manière ontologique.

UNE ÉTHIQUE DE LA COMPLEXITÉ

La question ontologique du déterminisme, quand bien même elle devrait rester purement métaphysique, a néanmoins des répercussions sur notre manière d'être au monde. Elle est en effet directement liée à notre conception du phénomène de la vie, notre vécu du libre arbitre et notre manière d'appréhender la vie en société. Les organismes vivants sont-ils des machines dont la complexité masquerait les déterminismes ? L'enchaînement de nos pensées est-il mécaniquement déterminé ou reste-t-il une part de libre arbitre au moment où nous prenons nos décisions ? Peut-on croire en un déterminisme des affaires humaines et en même temps conserver les notions d'éthique, de morale et de responsabilité ? L'individu immergé dans sa société est-il déterminé par elle ou au contraire peut-il en influencer la marche, condition nécessaire à la possibilité d'une action politique ?

Ces questions qui jalonnent l'œuvre d'Henri Atlan sont reprises dans les différentes contributions de cet ouvrage, donnant ainsi un aperçu des liens qui les unissent et nous invitant à une profonde réflexion vers une éthique de la complexité[1].

1. Les débats qui ont fait suite aux interventions présentées dans cet ouvrage ainsi que les interventions au colloque Cerisy « Déterminismes et Complexités - Autour d'Henri Atlan » qui n'ont pas donné lieu à publication peuvent être écoutés sur le site compagnon de ce livre à l'adresse suivante :

http://chavalarias.com/Cerisy-Atlan <http://chavalarias.com/Atlan>.

I.

Physique et formalismes

Physique et formalismes
Introduction

David Chavalarias

> Nous devons donc envisager l'état présent de l'univers comme l'effet de son état antérieur, et comme la cause de ce qui va suivre. Une intelligence qui pour un instant donné connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si d'ailleurs elle était assez vaste pour soumettre ses donnés à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome : rien ne serait incertain pour elle, et l'avenir comme le passé serait présent à ses yeux.
>
> Pierre-Simon LAPLACE,
> *Essais philosophiques sur les probabilités*, 1814.

Les décisions que nous pouvons prendre au niveau individuel ou collectif dépendent de nos anticipations sur l'évolution du monde qui nous entoure. Pour ne citer qu'un exemple, la sphère sociale et politique n'a pris au sérieux le problème du changement climatique – système dynamique complexe par excellence – qu'à partir du moment où un certain consensus s'est imposé sur les effets potentiels du réchauffement d'origine anthropique. Par ailleurs, la nature et l'étendue des sacrifices qui seront faits pour tenter d'infléchir ce dérèglement global seront à la mesure des effets anticipés.

Nous formons des anticipations au quotidien, souvent sans même nous en rendre compte. Celles-ci vont de simples anticipations corporelles – je tends la main car je m'attends à toucher cet objet –, à des raisonnements élaborés sur la relation entre l'état du monde et ses états futurs, entre nos actions et leurs conséquences, entre causes et effets. Pour penser l'articulation entre le présent et le futur, le schéma conceptuel du *déterminisme laplacien* a longtemps servi de guide. Cette notion héritière de la physique newtonienne relie l'instant présent de l'univers à son état futur de façon univoque et prédictible sous réserve d'une

description parfaite de ses composantes. Cette forme de déterminisme s'accommode des formes de hasard que nous rencontrons en les qualifiant de *hasard d'ignorance* : elles ne sont que l'effet de notre ignorance concernant la multiplicité des causes. Dans ce cadre épistémologique, la connaissance parfaite du monde devient un horizon pour l'intelligence humaine qui, bien qu'elle ne puisse espérer l'atteindre, pourra s'en approcher asymptotiquement. Si l'on pouvait déterminer l'état du monde à un instant donné avec certitude, le hasard serait éliminé et l'homme connaîtrait son avenir.

Quel est le discours de la physique contemporaine sur cette notion de déterminisme ? S'il est indéniable qu'une meilleure description du monde nous permet de mieux le comprendre, la posture vis-à-vis de la question de la prédictibilité a changé de manière radicale.

Le premier fait remarquable est la distinction qui s'est opérée entre déterminisme et prédictibilité. Au siècle dernier, les travaux de mathématiciens tels que Henri Poincaré ont placé au centre des débats la question de la stabilité des systèmes dynamiques et le rôle de la mesure dans la prédiction. Une condition intuitive pour que l'on puisse prédire l'évolution d'un système dynamique en situation de connaissance imparfaite est que de petites erreurs sur la description du système n'aient qu'une faible incidence qualitative sur notre prédiction. La question est donc de savoir si des systèmes aux descriptions proches ont des évolutions similaires. Or on montre que pour certains systèmes dynamiques, deux états qui seraient arbitrairement proches du point de vue de leur description donneraient lieu, à court ou moyen terme, à des évolutions radicalement différentes. On dit alors qu'il y a « sensibilité aux conditions initiales ». C'est le célèbre *effet papillon* de Lorenz[1], illustré souvent à tort par le battement d'ailes provoquant quelques semaines plus tard une tornade à l'autre bout du monde. La nuance spinoziste rappelée par Atlan est plus exacte : le battement d'ailes de papillon est une *cause partielle* de la tornade (ou de son absence), qui devra tout autant sa manifestation au courant d'air que vous venez de provoquer en tournant la page. La grande découverte des années 1960 est que les systèmes dynamiques présentant des sensibilités aux conditions initiales, globalement ou localement (existence de *singularités*), ne sont pas pathologiques mais constituent au contraire la majorité des systèmes déterministes envisageables.

Dans la première contribution de cet ouvrage, Michel Bitbol analyse les conséquences logiques de cette notion d'instabilité en suivant des

1. « The butterfly effect », *139th Meeting of the American Association for Advancement of Science*, Washington D.C., 29 déc. 1972.

penseurs comme Poincaré, Borel ou Popper. Dans la perspective laplacienne, l'ignorance est toujours contingente. Mais le hasard d'ignorance est rendu *quantitativement* nécessaire du fait de l'instabilité de certains systèmes dynamiques : il y a toujours des causes qui par leur petitesse, leur étendue ou leur multiplicité nous sont imperceptibles, alors qu'elles engendrent à plus ou moins long terme des effets perceptibles. Ceux-ci nous apparaissent alors comme des événements imprévisibles dus au hasard. Ceci a pour conséquence de rendre *indécidable* la question de savoir si le monde est ou n'est pas déterministe : nous savons que nous ne pourrons jamais savoir avec certitude.

Mais de manière encore plus inattendue, la nécessité de prendre en compte toutes les causes, y compris les influences infimes de l'observateur dans l'acte de connaissance, entraîne une dissociation entre déterminisme et prédictibilité. Tout comme le peintre d'Éric Goles, changeant le monde qu'il est en train de peindre par l'acte même de peindre, un sujet, même omniscient dans un monde déterministe, serait incapable d'en prédire l'évolution car l'acte de prédiction, en tant qu'événement du monde physique, aurait des influences non négligeables sur le déroulement des événements futurs. Nous verrons dans la quatrième partie de cet ouvrage que cette dissociation est précisément ce qui permet de concilier une vision déterministe du monde avec la possibilité d'un sentiment subjectif de libre arbitre, la nécessité avec la « liberté ». C'est devant cette autoréfutation de l'idéal déterministe que Michel Bitbol nous propose, sur une remarque d'Atlan, de prendre en compte la rupture épistémologique introduite par la physique quantique. Il s'agit de définir une troisième conception du hasard : le hasard d'*ignorance nécessaire*. Une ignorance imposée par « l'impossibilité stricte, pour ne pas dire absolue, d'accéder expérimentalement aux trajectoires infraquantiques », ce que l'auteur appelle *striction* de la connaissance.

Notre connaissance du monde est donc bornée « par le bas » du fait de cette striction dans le domaine quantique, ce qui a fait dire plusieurs fois au cours de ce colloque de Cerisy que la question éminemment polémique[2] du déterminisme ontologique sort de fait du champ scientifique pour devenir une question philosophique ou éthique. Ces derniers aspects seront traités dans les deux dernières parties de cet ouvrage.

---

2. Nous renvoyons le lecteur intéressé au remarquable débat et ouvrage collectif sur cette question : K. POMIAN (éd.), *La Querelle du déterminisme*, Gallimard, Paris, 1990. Il faisait suite à l'article de René THOM, « Halte au hasard, silence au bruit » fustigeant les défenseurs du rôle structurant du hasard dans les phénomènes naturels, parmi lesquels Ilya Prigogine et Isabelle Stengers.

Mais que dire alors de ces nombreux modèles qui dressent des portraits déterministes des phénomènes naturels ? À partir de l'exemple du mouvement brownien, Annick Lesne nous montre qu'il y a en fait une certaine indépendance entre la question de savoir si les phénomènes naturels sont déterministes ou stochastiques et celle de choisir une description du monde adaptée à nos besoins. En remontant les échelles d'observation du niveau moléculaire au niveau macroscopique, nous pouvons être amenés à penser un même phénomène tantôt de manière stochastique, tantôt de manière déterministe. La formulation de lois, qu'elles soient déterministes ou stochastiques, exige l'identification de causes et d'effets ou tout du moins, d'interdépendances de phénomènes, c'est-à-dire de structures ou de régularités évoluant de manière corrélée. Mais l'identification de structures dépend de l'échelle d'observation. Rien de plus désordonné qu'un gaz à l'échelle microscopique. Rien de plus ordonné qu'un gaz à l'échelle macroscopique, exemple parfait d'isotropie. Le problème n'est donc pas tant de savoir si un système est déterministe ou stochastique mais plutôt sur quelle fenêtre temporelle, avec quelle résolution spatiale et dans quels buts nous l'étudions.

Ce trait de la modélisation est en fait une démarche générale que nous adoptons même dans nos rapports quotidiens au monde. Le monde qui nous entoure est d'une infinie complexité du fait qu'il possède des structures à toutes les échelles. Nous sommes composés de cellules dont la quasi-totalité est renouvelée en l'espace de quelques semaines. Cela ne nous empêche pas de reconnaître quelqu'un dans la rue. La continuité d'un individu se situe pour nous à un autre niveau. Restreindre l'observation d'un phénomène à une certaine résolution et dans une certaine fenêtre temporelle permet de négliger les éléments qui interviennent à des échelles plus petites ou plus grandes et de penser le monde en termes de continuités et de relations causales. Au niveau d'observation considéré, nous savons que les imprécisions dans la mesure n'auront pas de conséquences mesurables, donc observables dans la fenêtre d'observation. Ainsi, bien que le principal axiome de la prédiction s'écroule, bien que des causes semblables ne produisent pas nécessairement des effets semblables, bien qu'il n'y ait en fait jamais de causes semblables, nous pouvons faire chaque jour des expériences qui nous semblent relever d'une certaine causalité ou refléter un certain type de déterminisme.

Cette opération majeure de l'observateur, qui en négligeant certaines causes – mais on a vu qu'il n'a pas le choix – créée un niveau d'observation, est à la fois ce qui nous permet d'identifier des continuités dans notre environnement et l'origine de cette impression

occasionnelle de hasard radical. Ici encore, la physique et les formalismes sont porteurs de concepts riches pour caractériser ces niveaux d'observation. Nous avons évoqué le caractère imprédictible des trajectoires individuelles dans certains systèmes dynamiques dû à une incertitude sur les conditions initiales. Il y a cependant une contrepartie en termes de prédictibilité statistique avec le concept mathématique d'*attracteur*.

En isolant un niveau d'observation, il nous est parfois possible de simplifier par l'entendement les dynamiques à l'œuvre. Les entités que nous observons, si elles peuvent changer d'état, connaissent néanmoins des états plus ou moins stationnaires ou récurrents. Relativement à la précision spatio-temporelle fixée par l'observateur, les fluctuations des entités observées restent suffisamment petites autour d'une valeur moyenne pour être négligées statistiquement. L'ensemble des états ainsi considérés comme équivalents correspond à ce qu'on appelle formellement un *attracteur* (dans l'exemple ci-dessus, l'enveloppe corporelle est l'attracteur du métabolisme d'un individu ; c'est elle que nous reconnaissons). La propriété fondamentale d'un état appartenant à un attracteur est la suivante : un système évoluant à partir d'un état appartenant à un attracteur reste dans cet attracteur si les perturbations ne sont pas trop grandes.

En pratique, il est rare que l'on puisse prédire l'évolution d'un système dynamique avec exactitude. Néanmoins, il est généralement possible de déterminer qualitativement ses attracteurs. En déterminant les principaux attracteurs d'un système dynamique, il est ainsi possible de prévoir qualitativement l'ensemble de ses comportements futurs bien que l'on ne puisse prédire avec exactitude celui qui sera observé. C'est notamment ce que font les climatologues lorsqu'ils nous annoncent des scenarii possibles concernant l'évolution du climat pour les prochaines décennies. Nous ne pourrons jamais prévoir avec certitude ce qui risque d'arriver, mais nous pouvons essayer d'assigner des probabilités aux différents régimes climatiques à venir.

La réalité que nous percevons est ainsi constituée d'une multitude d'entités qui nous semblent avoir une certaine permanence précisément parce qu'elles ont atteint un attracteur relativement à notre point de vue d'observation. Les influences de leur environnement sont trop faibles à notre échelle pour les faire sortir de leur attracteur. Mais cette permanence, et donc la notion d'attracteur transposée à la réalité physique, est toujours relative à une échelle d'observation. Si nous nous coupons légèrement, notre corps cicatrise. Notre enveloppe corporelle est l'attracteur de notre métabolisme. Elle n'est cependant qu'un état transitoire de la matière, que nous la regardions à l'échelle de l'espèce – où elle est éphémère –, ou à l'échelle de la cellule – où elle se renouvelle sans cesse. Les

différents niveaux d'observation ont néanmoins une certaine légitimité dans la mesure où les grandeurs spatio-temporelles qui les caractérisent sont déterminées par les processus qui s'y déroulent : cycle de synthèse d'une protéine, cycle de vie d'une cellule, cycle de vie d'un organisme, cycles économiques, cycles climatiques, etc. La compréhension du couplage entre des processus relevant de différents niveaux d'observation est une tâche difficile qui se trouve au cœur des approches de type « systèmes complexes ».

Il y a en particulier deux catégories de niveaux dont l'articulation n'a cessé d'intriguer les hommes : l'inerte et l'organique. Certes, les organismes vivants sont composés exclusivement d'atomes inertes et sont soumis aux lois physiques, mais est-ce vraiment tout ? Ce questionnement est plus que jamais d'actualité à une époque où dans certains laboratoires nous assistons à des tentatives de créer la vie de toutes pièces à partir d'éléments inorganiques, « *from scratch* ». Dans la dernière contribution de cette section, Francis Bailly et Giuseppe Longo défendent l'idée que la relation entre les différents niveaux d'organisation dans les organismes vivants relève d'un type de couplage spécifique au vivant. Ils le définissent comme une *situation critique étendue.*

Les situations critiques sont définies en physique comme des états pour lesquels le local et le global sont enchevêtrés au point qu'une fluctuation locale a une répercussion sur l'ensemble du système. Les situations critiques en physique sont localisées dans l'espace et dans le temps et caractérisent ce que l'on appelle des *transitions de phase*, passage brusque d'un état de la matière à un autre – de l'eau à la glace par exemple. Dans le cas du vivant au contraire, un organisme serait en permanence dans une situation critique de sorte que ses différents niveaux d'organisation seraient en communication à travers ce phénomène de résonance local-global.

Une seconde spécificité du vivant avancée par Bailly et Longo résiderait dans l'évolution permanente de l'espace des phases définissant un système vivant[3]. Le vivant par sa dynamique d'évolution est sans cesse en train d'innover avec de nouveaux états et de nouveaux comportements. Une modélisation classique ne serait alors valable que dans le laps de temps au cours duquel la définition du système vivant étudié, c'est-à-dire l'ensemble des futurs possibles de ce système, resterait inchangée. Ici encore, nous voyons revenir des constantes de temps relatives à l'observation. La question reste cependant ouverte de savoir

3. L'espace des phases d'un système en physique est tout simplement l'espace des états possibles de ce système, vu dans sa totalité. Une trajectoire dans cet espace reflète donc le passage d'un système par différents états. Un attracteur correspond alors à une zone de l'espace des phases telle qu'une trajectoire entrant dans cette zone y reste confinée.

si ces innovations du vivant sont contingentes ou au contraire soulignent des lacunes dans la prise en compte de déterminismes liés à d'autres niveaux d'organisations.

Ces deux caractéristiques du vivant avancées par Bailly et Longo, inédites dans le monde inorganique, exigeraient pour être appréhendées d'étendre et de développer les formalismes physiques afin de les adapter à la spécificité du vivant. Nous verrons dans la seconde partie de cet ouvrage que d'autres contributions vont également dans ce sens. Quoi qu'il en soit, cette approche souligne une tendance très forte de la biologie contemporaine, où progressivement il apparaît que notre compréhension du vivant dépendra de notre capacité à englober dans une même approche plusieurs niveaux d'organisation. Des formalismes multiéchelles restent à inventer pour modéliser le vivant et, pour ce faire, les formalismes physiques tant par leurs concepts que par leurs limitations seront riches d'enseignement.

II.

Biologie

Biologie
Introduction

David Chavalarias

> Il n'y a plus de différence de nature et, en ce sens, on peut parler de continuité entre le monde physique et le monde vivant. […] Aujourd'hui, la seule spécificité du vivant tient à la complexité de son organisation et des activités qui l'accompagnent.
>
> Henri Atlan, *La Science est-elle inhumaine ?* (2002).

Dans *Les Étincelles de hasard*, Henri Atlan reprend à son compte la citation de Szent-Györgyi, « la vie n'existe pas », placée en exergue de l'ouvrage. Il peut sembler paradoxal que des biologistes en soient arrivés au point de nier l'existence de leur objet d'étude. Ce changement de perspective s'est opéré sous l'influence de la biologie moléculaire qui n'a cessé de démontrer que les briques élémentaires du vivant, auparavant jugées irréductibles à des propriétés physico-chimiques par les partisans du vitalisme, relèvent bien des lois de la matière inorganique. « Les mêmes lois s'appliquent, les propriétés seules varient : une pierre ne respire pas, une amibe ne pense pas[1]… ». Mais par ce constat, Henri Atlan nous invite également à reconnaître la légitimité de la notion de vie comme catégorie d'expérience de notre vécu en raison des propriétés particulières que les êtres vivants manifestent.

Le vitalisme est mort. La possibilité d'une réduction[2] de l'organique à inorganique ne continue pas moins de poser des questions redoutables, malgré ce que laisserait penser le tout-génétique de ces dernières années. Contrairement aux espérances soulevées par le séquençage du génome de plusieurs organismes, dont l'humain, rien n'indique que « le

1. H. Atlan, *La Science est-elle inhumaine ?* Bayard, Paris, 2002, p. 18.

2. Pour les partisans du réductionnisme, lorsqu'un niveau d'organisation s'exprime en fonction du niveau inférieur, ce dernier peut lui être substitué dans les explications. Dans sa version « forte » décrite par John Stewart, « la biologie des organismes se réduit à la physiologie cellulaire, celle-ci se réduit à la biochimie, la biochimie à la chimie moléculaire et la physique atomique, et cette dernière à la mécanique quantique ».

livre de la vie » puisse se lire à l'aide des seules quatre lettres A, T, C, G[3]. Quelles en sont les raisons profondes ? Comme le défendent plusieurs auteurs dans cet ouvrage, il semblerait que la boîte à outils conceptuels avec laquelle nous avons l'habitude d'approcher les objets inorganiques soit incomplète pour aborder le phénomène de vie. Si la vie n'est pas une notion explicative des propriétés organiques qui devrait être adjointe aux lois physiques, elle correspond néanmoins à un type d'organisation de la matière dont l'appréhension requiert une distinction entre réductionnisme « fort » et « faible ».

Considérons par exemple le problème de l'articulation du niveau génétique aux autres niveaux d'organisation. À contre-courant de la majorité des travaux de ces dernières années, des études montrent aujourd'hui que la vie ne se réduit pas à l'exécution d'un programme inscrit sur une double hélice. Par exemple, dans le cas des eukaryotes (cellules à noyau), il y a des effets interniveaux dès la condensation de l'ADN en fibre de chromatine. Des études[4] montrent en effet que les interactions ADN-protéines sont radicalement différentes dans la chromatine (par rapport à l'ADN nu) du fait des contraintes mécaniques que la superstructure chromatinienne exerce sur l'ADN qui la constitue. Un autre exemple remarquable est la mise en évidence d'une relation entre les contraintes mécaniques s'exerçant sur les tissus cellulaires lors de leur croissance (pression physique sur les tissus) et l'expression des gènes dans les cellules qui les composent[5]. On met ainsi en évidence une rétroaction descendante entre un niveau physiologique et un niveau moléculaire.

À chaque niveau d'organisation, les interactions entre les éléments de ce niveau sont donc susceptibles d'engendrer des superstructures qui vont avoir en retour un effet sur ces éléments en contraignant spatialement leurs interactions. C'est dans cette perspective d'un contrôle organisationnel à un niveau supérieur à celui du génome que s'inscrit la contribution de François Képès et Sébastien Leclercq. Les auteurs y proposent un modèle de transcription génomique qui permettrait de moduler l'expression des gènes en fonction de la configuration spatiale de l'ADN.

Nous voyons sur ces exemples que l'on ne peut comprendre le vivant sans prendre en compte l'enchevêtrement des niveaux d'organisation qu'il met en jeu. Un concept tout à fait essentiel pour appréhender ce

3. Abréviations pour les quatre nucléobases entrant dans la composition de l'ADN.

4. A. BENECKE, « Chromatin code, local non-equilibrium dynamics, and the emergence of transcription regulatory programs », *Eur. Phys. J. E* 19, 2006, p. 353-366 ; A. LESNE et J.-M. VICTOR, « Chromatin fiber functional organization : Some plausible models », *Eur. Phys. J. E,* 2006.

5. E. FARGE (2003), « Mechanical induction of twist in the drosophila foregut/Stomodeal primordium », *Current biology,* vol. 13, 2003, p. 1365-1377.

phénomène et son lien avec les déterminismes physico-chimiques est le concept d'*émergence*. Le lecteur en trouvera plusieurs acceptions dans cet ouvrage suivant la position épistémologique des auteurs. Un point commun à la plupart de ces définitions est l'idée d'apparition de structures macroscopiques sous l'effet d'interactions locales entre un grand nombre d'entités. Cette apparition peut ensuite être envisagée comme ontologiquement ou épistémiquement imprévisible, requérir ou pas un processus d'interprétation ou nécessiter un passage à la limite sur la taille du système considéré. Un cas d'école bien connu est celui de la fourmilière. Cet objet complexe se constitue à partir d'interactions locales entre des entités simples qui n'ont aucune sorte de représentation de leur comportement collectif.

En général, les niveaux d'organisation sont identifiables en tant que tels précisément parce que l'on y repère des structures émergentes. Que les phénomènes émergents aient une réalité ontologique ou soient liés à l'observation, une caractéristique importante du vivant est la présence de nombreuses rétroactions des structures émergentes sur les entités qui les ont engendrées, créant ainsi un bouclage entre différents niveaux d'organisation.

Quelques milliards d'années se sont écoulées depuis l'apparition des premières formes de génome dont Jacques Demongeot et Georges Weil retracent une genèse possible. Depuis, la vie n'a cessé de tisser des liens complexes entre les différents niveaux émergents qu'elle met en scène. Des formes d'organisation, arrangements improbables entre entités hétérogènes, se sont stabilisées puis répliquées. Il n'y a là aucune finalité préexistante mais des régularités qui s'auto-constituent. L'exemple proposé par John Stewart illustre parfaitement ce phénomène. À partir d'un modèle minimal de formation d'une membrane inspiré des travaux de Francisco Varela, nous pouvons appréhender des bouclages interniveaux qui sont constitutifs du phénomène de la vie : engendrement de macrostructures à partir de processus micros (*intégration, émergence*) et rétroaction de ces macrostructures sur les processus micros (*régulation, immergence*). Ce bouclage qui matérialise une double causalité ascendante et descendante permet d'envisager des systèmes physiques dont l'activité stabilise la cohésion et la production de leurs propres composants. Que cette activité cesse et ces systèmes se désintègrent, ils « meurent ». Comme le fait remarquer Edgar Morin dans *La Méthode*[6], contrairement aux machines artificielles, pour les systèmes vivants exister et fonctionner sont deux modes inséparables. L'identité de tels systèmes n'est alors pas définissable par leurs

6. E. MORIN, *La Méthode*, t. 1 : *La nature de la nature*, Seuil, Paris, 1977, p. 193.

constituants mais par les processus qui s'y déroulent et leur permettent de se produire eux-mêmes en permanence, leur caractère *autopoïetique*[7]. Leur invariant fondamental est leur propre organisation.

Cela ne suffit certes pas à expliquer le phénomène de la vie. L'automate de tesselation présenté par John Stewart n'est pas vivant. Mais cela nous donne des heuristiques pour mieux le comprendre. Entre autres, nous comprenons que bien qu'il soit légitime de chercher à rendre compte des propriétés d'un niveau en fonction des propriétés des entités du niveau inférieur (réductionnisme « faible »), il ne s'en suit pas qu'il soit légitime de chercher à expliquer l'ensemble des phénomènes d'après les propriétés d'un niveau unique (réductionnisme « fort »). On ne peut enchaîner les réductions successives comme on descendrait les marches d'un escalier.

Ce lien subtil de dépendance/autonomie entre un niveau et le niveau supérieur à travers des processus de régulation se reproduit à toutes les échelles dans le vivant. Des entités vivantes peuvent elles-mêmes entrer en interaction et prendre part à de nouveaux types de processus. C'est ainsi que les organismes vivants révèlent bien souvent une stratification en une multitude de processus enchevêtrés dont certains peuvent légitimement être qualifiés eux-mêmes de systèmes vivants. Les cellules de notre corps peuvent être cultivées en dehors de leur milieu d'origine comme des organismes vivants à part entière. Néanmoins, collectivement, par les processus qu'elles engendrent, elles définissent un nouvel organisme vivant qui se trouve être nous-même.

Nous sommes tout à la fois des éléments de l'espèce humaine, des entités autonomes, des exemples de sociétés de cellules et des ensembles de molécules soumises aux lois physico-chimiques. On peut certes se demander comme l'avait fait Henri Atlan au colloque de Cerisy de 1981[8], si « la séparation en différents niveaux d'intégration dans un système intégré existe "objectivement", ou bien [si elle est] dépendante des techniques d'observation, d'expérimentation et d'analyse par lesquelles nous avons accès à ces différents niveaux et qui sont le plus souvent très différentes les unes des autres suivant le niveau considéré ». Peut-être le phénomène de la vie réside-t-il dans cette relation complexe qu'entretiennent tous les niveaux d'organisation, les organismes vivants tels que nous les concevons n'étant qu'un effet de catégorisation subjective ?

---

7. Pour plus de détails sur ce concept introduit par Humberto Maturana, nous renvoyons à l'article de John Stewart où il est largement commenté.

8. H. ATLAN, « L'émergence du nouveau et du sens », *in* P. DUMOUCHEL et J.-P. DUPUY (éd.), *L'Auto-organisation de la physique ou politique*, Seuil, Paris, 1981.

Toujours est-il qu'un réflexe anthropocentrique nous pousse souvent à interpréter de manière différente les manifestations du vivant à différentes échelles. La prise de conscience de cet arbitraire devrait nous permettre de faire glisser nos représentations le long des niveaux d'organisation pour découvrir de nouvelles manières de l'appréhender. Ainsi, Pierre Sonigo nous propose de porter les méthodes écosystémiques relatives à l'évolution des espèces à l'intérieur des organismes pour mieux comprendre des phénomènes tels que la prolifération du virus HIV ou de cellules cancéreuses.

Dans un autre registre, Jean-Claude Ameisen poursuit les réflexions sur le lien entre le phénomène de la mort et la complexité du vivant, développées par Henri Atlan dans le dernier chapitre de *Entre le cristal et la fumée* : « La vie est l'ensemble des fonctions capables d'utiliser la mort[9]. » À notre échelle, la mort apparaît comme inévitable. Si elle ne survient pas par accident, elle apparaît comme la conséquence d'un processus inéluctable de vieillissement. Mais la réalité est bien différente du point de vue des cellules qui nous composent. La découverte du *suicide cellulaire*[10] et de son rôle dans la sculpture du vivant nous suggère que la mort fait partie intégrante du processus de la vie. Comme nous le rappelle Ameisen, « nous sommes, à tout moment, pour partie en train de mourir et pour partie en train de renaître ». Ceci a de déconcertant que, si l'on accepte de voyager dans les niveaux d'organisation du vivant, ce qui définit une entité et par là même la possibilité pour elle de mourir, dépend du point de vue d'observation. Dans l'absolu, « la vie n'est jamais morte[11] ». Sans aller jusqu'à dire que la mort n'existe pas, cette approche est une invitation à une profonde réflexion sur la manière dont les notions de vie et de mort nous permettent de penser l'individu et son rapport au monde.

9. H. ATLAN, *Entre le cristal et la fumée*, Seuil, Paris, 1979.

10. Processus au cours duquel le fonctionnement normal d'une cellule entraîne la mort de celle-ci sans autre intervention extérieure.

11. Voir l'article de Jean-Claude Ameisen dans le présent ouvrage.

III.

Cognition, conscience et liberté

Cognition, conscience et liberté
Introduction

David Chavalarias

> « Non mais vraiment, si un beau jour on trouvait, pour de bon, la formule de tous nos caprices et vouloirs, je veux dire ce dont ils dépendent, selon quelles lois ils prennent naissance, comment au juste ils se propagent, vers quoi ils tendent, dans tel ou tel cas, etc., etc. c'est-à-dire une véritable formule mathématique, mais alors, dans ce cas, ma foi… L'homme cesserait probablement aussitôt de penser, ou même, ma foi… Cesserait certainement de penser. Voyons, quel plaisir y a-t-il à vouloir conformément à une table de calcul ? »
>
> Dostoïevski, *Notes d'un souterrain.*

En remontant encore un peu dans les niveaux d'organisation, de l'atome à la cellule puis à l'organisme, nous atteignons maintenant les niveaux définissant l'individu et sa manière d'être au monde (niveau des dynamiques neuronales, des processus mentaux, niveau de la conscience, niveau symbolique du langage).

La question du déterminisme dans les affaires humaines a constitué à travers les siècles une ligne de démarcation entre les différents systèmes épistémologiques[1]. Depuis la mutation de l'astrologie sous l'influence des stoïciens jusqu'aux débats entre individualisme *versus* holisme en sciences humaines et sociales, en passant par les différents courants de la théologie chrétienne, ce questionnement participe directement à la définition de la morale et de la responsabilité, et est étroitement lié à la question de l'existence du bien et du mal. Jusque dans nos cours de justice, les actions humaines sont jugées différemment selon qu'elles sont pensées comme le fruit d'un libre arbitre ou comme les conséquences de déterminismes (par exemple dans le cas d'une altération des capacités physiques ou mentales).

1. Pour un exposé détaillé des différentes approches historiques du déterminisme, voir par exemple Krzysztof POMIAN, « Le déterminisme : histoire d'une problématique », *in* Krzysztof POMIAN (éd.), *La Querelle du déterminisme*, Gallimard, Paris, 1990.

L'existence même du libre arbitre reste cependant une question ouverte. De même que nous avions vu apparaître dans la partie de cet ouvrage consacrée à la physique et aux formalismes la notion de *hasard d'ignorance*, apparaît ici la question de savoir si notre expérience du libre arbitre ne serait pas le fruit de l'ignorance de nos déterminismes. De ce point de vue, les expériences de Libet et de ses collègues[2] rapportées par Henri Atlan dans sa contribution sont pour le moins troublantes. Elles démontrent que dans certaines situations, « la décision consciente spontanée d'agir à court terme, sans planification préalable, ne précède pas, mais suit d'environ 300 millisecondes l'initiation du mouvement. […] Ainsi, l'initiation d'une action volontaire est déclenchée en fait par une activité cérébrale inconsciente, et la conscience qu'on en a ensuite est interprétée comme sa cause ». Ce phénomène d'inversion entre une action et ce qui nous semble être sa cause, l'intention sous-jacente, représente un paradoxe au regard de notre manière habituelle de concevoir l'action volontaire ; paradoxe pour lequel Henri Atlan propose une solution dans sa contribution, non en l'élucidant comme tel, mais en montrant au contraire que c'est le modèle classique de l'action téléologique qui est paradoxal. Il nous invite ainsi à repenser la théorie de l'action.

Son raisonnement a en fait un horizon bien plus vaste qu'une simple réponse à une expérience soulevant des problèmes d'interprétation. L'expérience de Libet, bien qu'elle ne puisse à elle seule valider une quelconque généralisation, débouche sur la question d'une complète naturalisation des affaires humaines, un cas de figure limite où notre conscience ne serait que le simple affichage *a posteriori* du déroulement – éventuellement déterministe – de processus mentaux inconscients. Cette hypothèse soulève un certain nombre de questions éthiques et morales traitées par Atlan dans *La science est-elle inhumaine ?* : « Dans un monde entièrement déterminé, peut-il encore exister une liberté, une vie en société et une morale ?[3] » Comment penser la notion de responsabilité si nous partons de l'hypothèse que l'homme est entièrement déterminé à faire ce qu'il fait ?

Deux mises au point sont nécessaires ici pour éviter tout malentendu. Atlan inscrit sa réflexion dans le cadre de la philosophie

2. B. LIBET, C. A. GLEASON, E. W. WRIGHT et D. K. PEARL, « Time of conscious intention to act in relation to onset of cerebral activity (readiness potential) : the unconscious initiation of a freely voluntary act », *Brain, 106*, 1983, p. 623-642 ; B. LIBET, « Unconscious cerebral initiative and the role of conscious will in voluntary action », *Behavioral and Brain Sciences,* 8, 1985, p. 529-566 ; B. LIBET, « Models of conscious timing and the experimental evidence » (Commentary/Dennett and Kinsbourne : *Time* and *The Observer*), *Behavioral and Brain,* Sciences, 15, 1992, p. 213-215.

3. H. ATLAN, *La Science est-elle inhumaine ?* Bayard, Paris, 2002, p. 29.

spinoziste. Bien qu'il soit souvent fait référence dans les contributions de cette section au Dieu de Spinoza, assimilé à la Nature, il ne s'agit pas ici, comme le souligne la réponse d'Henri Atlan à André Green, de prôner un déterminisme des affaires humaines pour, en fin de compte, déléguer la caution de la moralité ou de la justification de l'action à une quelconque transcendance. Laplace interrogé par Napoléon sur le rôle de Dieu dans sa vision du monde aurait répondu : « Sire, je n'ai pas eu besoin de cette hypothèse. » Un des enjeux de la position spinoziste est bien de savoir si une vision déterministe du monde peut préserver les notions de morale, de liberté et de responsabilité sans cette hypothèse.

Par ailleurs, une réflexion sur le déterminisme dans les affaires humaines ne peut avoir pour objet de se persuader par une quelconque démonstration que ce domaine est ou n'est pas déterministe. Les débats au cours du colloque de Cerisy ont suffisamment souligné la convergence entre la plupart des participants sur le caractère inaccessible de cette réalité. Tout comme pour les phénomènes physiques, la question ontologique du déterminisme dans les affaires humaines est indécidable. Par conséquent, une prise de position par rapport à cette question ne peut être que de l'ordre de la croyance métaphysique et non de la connaissance. On comprendra alors que la décision de prendre position sur la question du déterminisme dans les affaires humaines de la part d'une personne consciente de cet état des choses ne peut qu'être l'expression d'une croyance sur les croyances. Ceci légitime le recours à des arguments extérieurs à la simple phénoménologie des affaires humaines, ce qui est le cas, comme nous le verrons, pour Henri Atlan.

En partant de cette dernière remarque, nous pourrions dire que l'enjeu d'une réflexion sur le caractère déterministe des actions humaines consiste en fait à choisir un système de croyances qui exprime une certaine cohérence le long des différents niveaux d'organisation. Sans prétendre à l'exhaustivité, plusieurs attitudes sont possibles selon que nous décidons de remettre en cause la notion de causalité, la continuité entre lois du monde physique et lois du monde organique ou au contraire, que nous acceptons les deux. La contribution de Roger-Pol Droit nous présente un exemple de la première attitude à travers certains aspects de la pensée bouddhique et en particulier la notion de *pratîya samutpâda* ou « coproduction conditionnée ». Selon cette pensée, « le désir humain [est] l'acte essentiel d'émergence de perpétuation de la réalité » ce qui pose la notion de causalité en des termes tout autres que ceux mis en avant par la pensée occidentale.

La seconde attitude était défendue par Cornelius Castoriadis en 1981 lors d'un colloque de Cerisy auquel cet ouvrage fait écho. C'est ce qu'il a appelé la « logique des magmas » : une vision du monde envisagé

comme « un chaos à stratification irrégulière » où la logique déterministe (« ensembliste-identitaire ») n'aurait prise « que sur certaines de ces strates, par morceaux, localement[4] ». C'est également la position adoptée par André Green dans sa contribution. Elle soulève néanmoins une question déjà posée à l'époque par Atlan à Castoriadis : « Quelle partie du réel allez-vous juger déterministe ? Le savez-vous *a priori* ? ».

La réponse à cette question est bien entendue négative. Les partisans d'une telle position s'exposent à une déception à chaque fois que le domaine de la libre volonté semblera céder du terrain à la logique déterministe. L'expérience de Libet citée plus haut en est un bon exemple. C'est d'ailleurs par cet argument que Henri Atlan justifie sa prise de position dans *La Science est-elle inhumaine ?*[5] en proposant d'adopter une vision déterministe des affaires humaines ainsi qu'une position philosophique en conséquence : « L'ennui, tout de même, c'est que le domaine du libre arbitre se réduit de plus en plus. Pourquoi ne pas plutôt opter alors pour l'attitude inverse [à celle consistant à faire du libre arbitre une valeur suprême] et prolonger fictivement les découvertes actuelles ? Je crois en effet plus économique[6] de tout lâcher d'un coup. Supposons que nous parvenions un jour à expliquer mécaniquement l'ensemble de nos comportements et de nos choix que nous sentons libres. Est-ce pour autant la fin de la morale ? Je prétends que non. Il est possible de bâtir une existence et une philosophie qui ne soient pas moins heureuses ni morales. Nous devons réapprendre à considérer comment nous sommes responsables de ce que nous sommes et de ce que nous faisons, indépendamment d'une croyance métaphysique au libre arbitre, en admettant que nous n'échapperons pas au déterminisme universel et que nous sommes déterminés à faire ce que nous faisons, même quand nous croyons choisir librement, alors même que nous ne nous sentons pas contraints et forcés. »

Cette philosophie que Henri Atlan propose de bâtir trouve ses fondements chez Spinoza. L'importance de la philosophie de Spinoza pour éclairer non seulement la contribution d'Atlan mais également plusieurs autres contributions de cet ouvrage justifie de commencer cette section par la présentation que nous en fait Robert Misrahi.

---

4. P. DUMOUCHEL et J.-P. DUPUY (dir.), « Sur le problème du nouveau », *in* P. DUMOUCHEL et J.-P. DUPUY (éd.), *L'Auto-organisation, de la physique ou politique*, Seuil, Paris, 1983, p. 182.

5. H. ATLAN, *La Science est-elle inhumaine ?*, Bayard, Paris, 2002, p. 26.

6. On notera que cet argument d'« économie » n'est pas relatif à une croyance en une quelconque réalité du déterminisme des affaires humaines, mais plutôt à une croyance sur la meilleure manière de vivre avec cette question, dont on sait par ailleurs qu'elle est indécidable, c'est-à-dire que l'on ne pourra jamais savoir avec certitude.

Spinoza a la particularité d'être un penseur du déterminisme sans pour autant être réductionniste au sens « fort[7] ». Dans son système de pensée, chaque chose, qu'elle soit matière ou esprit, est une certaine présentation d'une infime partie d'une *même* substance, la Nature, celle-ci étant soumise à des lois nécessaires. Ainsi, à la différence de la vision cartésienne, le corps et l'esprit sont pour Spinoza des présentations simultanées d'une même réalité, d'une même substance, ce qui enlève toute pertinence à l'hypothèse d'une action de l'un sur l'autre. L'enchaînement des idées est nécessaire et déterminé bien que « jamais les actes de l'esprit ne s'expliquent par les actes du corps, ni les actes du corps par ceux de l'esprit[8] ». Robert Misrahi nous met ainsi en garde contre une interprétation idéaliste ou matérialiste de la pensée du philosophe et nous ouvre par là même les horizons d'une pensée alternative qui ne chercherait pas à établir des relations de cause à effet entre corps et esprit.

Dans le système déterminisme de la Nature se pose alors la question éthique de la possibilité d'une liberté de l'esprit. Misrahi la développe dans une seconde partie en montrant de quelle manière Spinoza a résolu le problème de la liberté humaine face au déterminisme « en proposant une nouvelle théorie de l'affectivité, c'est-à-dire une nouvelle théorie du désir ». C'est d'ailleurs en contrepoint de cette théorie que Henri Atlan esquisse dans sa contribution une théorie alternative de l'action.

Une pensée déterministe du fonctionnement de l'esprit humain amène par ailleurs une autre question que l'on retrouve régulièrement dans la littérature de science-fiction. Il est souvent défendu que l'écart qualitatif indépassable entre l'homme et la machine est dû au fait que ces dernières sont prisonnières des déterminismes de leur programme. Si nous commençons à penser les idées comme procédant d'une mécanique déterministe – tout en gardant à l'esprit l'immense fossé qui réside entre la complexité d'une machine et celle d'un cerveau humain incarné – une question se pose : que manque-t-il aux machines pour penser ? En réfléchissant à la manière dont la théorie des passions de Spinoza pourrait se transposer dans le langage des automates, la contribution de Jean Sallantin nous entraîne dans une spéculation sur les limites de la rationalité. À travers le concept d'agent rationnel, machines capables d'apprendre par elles-mêmes et d'atteindre une certaine forme de réflexivité, ce dernier nous montre comment la question de la possibilité d'une mécanisation de la pensée, quand bien même elle

7. Voir la distinction entre réductionnisme « faible » et « fort » exposée dans l'introduction de la seconde partie.

8. Voir l'article de Robert Misrahi dans le présent ouvrage.

resterait à jamais ouverte, peut nous faire découvrir des dispositifs à même de nous aider à dépasser nos propres déterminismes.

Enfin, cette section se termine sur une réflexion sur le langage, que Atlan a pu envisager comme un niveau intermédiaire établissant une relation entre le cerveau et la pensée. Si le monde présente des structures à toutes les échelles, si toutes les descriptions que nous pouvons faire d'un objet sont nécessairement incomplètes et dépendantes du niveau d'observation, par quel miracle arrivons-nous à nous entendre avec nos interlocuteurs sur le niveau d'observation propre à coordonner nos actions ? Comment le langage, qui nous permet de communiquer sur ce que nous voyons et ressentons, peut-il remplir sa fonction ? Le fait que nous arrivions néanmoins à nous accorder sur certaines actions témoigne de l'existence de processus cognitifs s'accommodant de l'incomplétude de nos perceptions et de nos descriptions. Ce processus, Pierre Livet en analyse les différentes facettes dans sa contribution en lui donnant un nom : *le pontage*.

IV.

Politique et éthique

Politique et éthique
Introduction

David Chavalarias

Selon une estimation de l'ONU, 50 milliards de dollars supplémentaires par an (en sus de l'aide publique déjà apportée) suffiraient à résoudre la majorité des problèmes sanitaires dans le monde (famine, accès à l'eau potable, soins de base). Face à cela, nous dépensons collectivement plus de 700 milliards de dollars par an dans la publicité et 1 200 milliards de dollars dans l'armement.

Ces chiffres, rapportés à Cerisy par Patrick Viveret lors du colloque, ne sont pas seulement affligeants, ils sont inquiétants. Ils révèlent en effet un manque de maturité de l'humanité relativement au mode d'organisation qu'elle a adopté. Depuis quelques décennies, celle-ci tend à fonctionner comme un seul système : les modèles culturels se répandent à travers le monde grâce aux échanges globalisés, les crises économiques se propagent d'une place financière à l'autre en quelques heures, la surexploitation des ressources est devenue un problème global et Tchernobyl a inauguré le village mondial des risques. Ce phénomène de globalisation des processus socio-économiques accroît l'interdépendance entre les sociétés et lie le destin des hommes[1]. Si l'on tient compte de ce changement d'échelle, nous avons donc affaire aujourd'hui à une entité collective qui consacre 1 900 milliards de dollars à produire à son encontre « de la peur, de la domination et de l'incitation à la frustration[2] » tandis qu'elle est incapable d'investir les 50 milliards de dollars qui soigneraient ses maux les plus graves. Comment une telle entité pourrait-elle être en mesure de résoudre les problèmes majeurs qui se présentent à elle aujourd'hui ?

1. On pourra se reporter sur ce point à la déclaration d'interdépendance lancée par le Collegium International (http://collegium-international.org).

2. Patrick Viveret, intervention orale au colloque.

Les enjeux ne peuvent être considérés à leur juste mesure que si l'on prend en compte une conséquence inédite du changement d'échelle lié à la globalisation. Pour la première fois, il y a non seulement création d'un niveau d'organisation – l'humanité fonctionnant comme un système – mais également altération du processus de l'évolution. À plusieurs reprises dans l'histoire du vivant, des entités hétérogènes ont entremêlé leurs évolutions pour former de nouveaux systèmes : les acides aminés et les nucléotides dans les mécanismes cellulaires, les cellules dans les organismes pluricellulaires, les hommes au sein des sociétés. Cependant, à chaque niveau, l'évolution a toujours opéré par essais et erreurs, variation et sélection. Les branches évolutives conduisant aux macro-entités les moins stables ont progressivement laissé la place à celles dont les systèmes de régulation émergeants étaient les mieux adaptés. Dans le cas des sociétés humaines, beaucoup ont disparu, entraînant parfois leurs populations dans leur chute[3]. La mosaïque culturelle actuelle est ainsi le fruit d'une évolution buissonnante qui repose sur un grand nombre d'extinctions.

Ce schéma de l'évolution des systèmes adaptatifs auto-organisés imprègne aujourd'hui les théories économiques dominantes et par conséquent exerce une certaine influence sur l'organisation de nos sociétés. Depuis la métaphore de la main invisible d'Adam Smith[4] jusqu'aux récents formalismes de l'économie évolutionniste, la conviction de l'efficacité d'un ajustement décentralisé et spontané des actions économiques est devenue le socle de la théorie économique libérale. Les comportements les moins « adaptés » disparaissent naturellement du système, les « meilleurs » sont mis en avant. Du moins le croit-on.

Par rapport à cette conception de l'évolution des systèmes socio-économiques, les nouveaux rapports d'interdépendance extrêmes entre les sociétés contemporaines ont introduit une rupture en nous faisant entrer dans une logique d'évolution au caractère monolithique inédit. Le schéma essais/erreurs pour explorer les modes d'organisation

3. Voir par exemple l'étude détaillée de J. DIAMOND, *Effondrement. Comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie,* Gallimard, Paris, 2006.

4. La métaphore de la main invisible introduite par Adam Smith (1776) dans ses *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations* est la première allusion au caractère auto-organisé des systèmes économiques : « En préférant le succès de l'industrie nationale à celui de l'industrie étrangère, [l'individu] ne pense qu'à se donner personnellement une plus grande sûreté ; et en dirigeant cette industrie de manière que son produit ait le plus de valeur possible, il ne pense qu'à son propre gain ; en cela, comme dans beaucoup d'autres cas, il est conduit par une main invisible à remplir une fin qui n'entre nullement dans ses intentions ; et ce n'est pas toujours ce qu'il y a de plus mal pour la société, que cette fin n'entre pour rien dans ses intentions. Tout en ne cherchant que son intérêt personnel, il travaille souvent d'une manière bien plus efficace pour l'intérêt de la société, que s'il avait réellement pour but d'y travailler. »

possibles n'est plus valide par définition même de la globalisation. Du point de vue de leur interdépendance, les sociétés humaines se fondent peu à peu en une entité collective unique pour laquelle, sur bien des dimensions, il ne peut plus y avoir d'engagement partiel sur une voie de développement. Chaque essai, même local, est désormais susceptible d'engager la totalité de l'humanité, pour le meilleur comme pour le pire. L'évolution buissonnante cède peu à peu le pas à une évolution se déployant le long d'un unique rameau[5].

Cette nouvelle logique binaire dans laquelle est entrée la survie de l'humanité préoccupe un nombre croissant de personnalités de tous horizons pour lesquelles il est devenu nécessaire de repenser notre relation à notre devenir collectif. C'est en particulier l'objet de la contribution de Jean-Pierre Dupuy qui prône un « catastrophisme éclairé » dans le cadre d'une nouvelle métaphysique : le « temps du projet ».

Une société globalisée ne sera donc viable qu'à condition qu'elle prenne acte de ces changements et se donne les moyens de modifier ses comportements non seulement en réaction à ses expériences passées, mais peut-être avant tout sur la base d'anticipations de l'avenir. Force est de constater que ce n'est pas le cas pour nos sociétés contemporaines. La main invisible des économistes a pour principal défaut d'être myope, incapable de se projeter dans l'avenir sur les échelles de temps d'une société globalisée. La sphère politique ne fait pas meilleure figure. Les hommes politiques, comme le souligne Michel Rocard, sont démunis face à la complexité du monde. Par ailleurs, la disparition des chaînes d'organisation hiérarchiques au profit de fonctionnements décentralisés remet en cause le fonctionnement même de la sphère politique. Enfin, la sphère médiatique, encore largement dominée par une télévision dont le format de prédilection est une information se résumant en une minute trente, est impropre à communiquer sur les enjeux contemporains complexes. Ceci accroît d'autant plus la difficulté que pourraient avoir les politiques à justifier des mesures dont les effets ne seraient pas immédiats.

De manière générale, l'avènement de l'ère informationnelle s'est accompagné d'une accélération vertigineuse de la vie politique, économique et médiatique où, comme en témoigne Michel Rocard, tout devient événementiel. Ceci est en contradiction absolue avec la nécessité d'une vision à long terme requise par la remise en cause de la relation traditionnelle entre l'humanité et son milieu naturel, du fait des progrès scientifiques et technologiques.

---

5. Ceci n'est pas incompatible avec la persistance d'une certaine diversité culturelle. Ce sont les conditions d'existence qui deviennent couplées.

Il est donc urgent de développer collectivement des formes d'organisations sociales pérennes dans ce nouveau contexte.

Le défi est de taille car la société globalisée n'est pas un organisme au sens classique du terme, pourvu d'un centre de décision qu'il suffirait d'influencer pour obtenir le résultat souhaité. Certes, il y a progressivement formation d'institutions ayant pour mission d'infléchir la marche de l'humanité à l'échelle mondiale. D'influence encore relativement limitée, le processus de mondialisation du droit décrit par Mireille Delmas-Marty laisse espérer que ces institutions élargiront progressivement leur domaine d'action.

Mais se reposer sur cette seule perspective serait, aux dires de Laurent Bove, se méprendre sur la nature des dynamiques collectives qui animent les sociétés : « à considérer les choses juridiquement, l'on en reste à une conception abstraite du corps politique d'où l'on a expulsé imaginairement l'exercice pluriel des puissances réelles déterminées[6]. » C'est la raison pour laquelle celui-ci nous invite à considérer les systèmes sociaux dans toute la complexité des forces agissantes en reprenant la notion spinoziste de *conatus* et de *multitude*. Il soutient ainsi que le point de vue de la commande ne sera jamais pleinement effectif pour les systèmes sociaux tant qu'il ne sera pas articulé avec le point de vue interne des forces agissantes que constitue la multitude des individus. Cette notion permet en effet d'envisager « un déplacement du sens de la souveraineté, d'un droit institué à la puissance constituante de la complexité. […] C'est alors non plus l'obéissance, mais l'enchevêtrement des prudences ou – dit autrement – des processus stratégiques immanents des *conatus*, qui est le problème politique majeur ».

Cet enchevêtrement des prudences est des plus singuliers. Il est non seulement enchevêtrement des volontés individuelles mais également enchevêtrement du niveau individuel et du niveau collectif, du connaissant et du connu. La particularité des dynamiques sociales est en effet de ne pas être indifférentes aux représentations que nous en avons. Ceci a été maintes fois souligné au cours du colloque, notamment par André Orléan à propos de la théorie économique qui « crée la réalité qu'elle pense ». L'économie est en effet le domaine où ces enchevêtrements apparaissent dans leur forme la plus pure. Des résultats comme celui de Azariadis (1981) sur les équilibres de tâches solaires[7] nous montrent

6. Voir l'article de Laurent Bove dans le présent ouvrage.

7. Plus précisément, Azariadis montre que si les agents économiques croient que l'apparition de tâches solaires est corrélée aux cycles économiques, alors même que celles-ci n'ont aucun effet causal sur l'ordre économique, alors cette croyance pourra être statistiquement validée par les faits (*cf.* Costas AZARIADIS, « Self-fullfilling prophecies », *Journal of Economic Theory*, 1981).

par exemple que des variables étrangères à l'ordre économique peuvent avoir une influence sur celui-ci par le simple fait que les agents économiques croient qu'elles en ont. Phénomène qu'il a appelé *prophéties auto-réalisatrices*.

L'autoconstitution est ainsi une caractéristique générale des systèmes sociaux. Sans cesse, des macrorégularités émergent qui, vues de l'intérieur, semblent transcender les individus alors qu'elles ne sont que le produit de leurs actions : ajustement des prix sur les marchés, mouvements de foule, panique, phénomènes de mode, etc. Ce bouclage entre des structures émergentes et l'intégration par les agents de ces structures dans leurs processus de décision caractérise un phénomène dit d'*émergence forte* : les acteurs attribuent à des structures collectives contingentes une réalité propre extérieure au système ; et celles-ci en obtiennent une de fait, par intégration aux croyances collectives. C'est un phénomène propre au social.

Cette capacité du social « à se mettre à distance de lui-même, par une sorte de "*bootstrapping*" dans lequel les hommes prennent comme repères extérieurs de leurs actions les produits de celles-ci » a été soulignée par Henri Atlan dans un article en collaboration avec Jean-Pierre Dupuy et Moshe Koppel[8]. Ils y démontrent la conjecture de Von Foerster qui permet de conceptualiser le rapport de causalité circulaire entre une totalité et ses éléments. Celle-ci repose sur deux types d'interrogation :

Dans quelle mesure un observateur extérieur peut-il prédire le comportement du système tout entier à partir du comportement d'un sous-ensemble donné d'agents ?

Dans quelle mesure un agent donné peut-il influencer ce comportement global ?

La « conjecture de Von Foerster » telle que les auteurs la résument peut alors s'exprimer ainsi : « plus les éléments d'un système sont "trivialement" connectés, moindre est leur influence sur son comportement global : plus, en d'autres termes, ils sont "aliénés". Par "trivialement connecté", il faut entendre que l'influence de l'état du système (input) sur l'action des éléments (output) prend la forme d'une détermination rigide, univoque. Par "aliénation", il faut entendre qu'il y a réification des activités humaines en entités extérieures et étrangères aux hommes [qui] ne se reconnaissent plus dans le produit de leurs actions. ».

8. M. KOPPEL, H. ATLAN et J.-P. DUPUY, « Von Foerster's conjecture. Trivial machine and alienation in systems », *International Journal of General Systems*, vol. 13, 1987, p. 257-264.

Cette conjecture est à rapprocher de la notion spinoziste de *cause adéquate* exposée dans les contributions de Misrahi et Bove, c'est-à-dire une cause « dont l'effet peut se percevoir clairement et distinctement par elle seule[9] ». La conjecture de Von Foerster peut ainsi se reformuler en termes spinozistes : lorsque les individus ne sont plus cause adéquate de leurs actions, lorsque celles-ci sont essentiellement le fait de causalités externes, il y a mise à distance du social de lui-même qui, d'une multitude de forces agissantes, se transforme en une foule aliénée à sa propre image. L'Histoire réente, de la Shoah au génocide rwandais, a maintes fois fait la triste démonstration des dérives auxquelles ceci peut mener.

Si à nouveau nous nous penchons sur la société globalisée contemporaine, nous pouvons nous interroger sur le degré d'aliénation d'une entité dont l'identité repose sur un principe de dépendance vis-à-vis des biens qu'elle-même produit. Dans son intervention, Patrick Viveret rapportait les propos d'un publicitaire définissant son métier en ces termes : « réussir à rendre les gens suffisamment mécontents de ce qu'ils ont afin qu'ils puissent désirer ce qu'ils n'ont pas. » La publicité est l'une des pièces maîtresses du fonctionnement de nos sociétés. Ceci étant, il n'est pas surprenant que ce type de société peine à être cause adéquate de ses propres transformations, quand bien même son immobilisme serait un danger pour sa pérennité.

Dans la section précédente, nous avons vu à travers la contribution de Misrahi de quelle manière une position épistémique déterministe telle que celle défendue par Spinoza, loin de favoriser un fatalisme devant un tel état de fait, apporte au contraire un certain éclairage quant aux attitudes à adopter pour accompagner les transformations nécessaires. « L'action libératrice » qui permet de passer de la passivité à l'activité réside dans le développement d'une connaissance réflexive menant à une transformation de la conscience désirante.

Le monde est peut-être déterministe. Si *in fine* il s'avère que nous sommes déterminés à choisir les chemins que nous suivons, le foisonnement des possibles n'aura été qu'une illusion liée à notre défaut de connaissance. Il n'en reste pas moins que cet examen, en tant qu'événement du monde physique, agit causalement dans la détermination de ce qui se produira en favorisant les causalités adéquates par rapport aux causalités inadéquates. Cet examen des possibles étant précisément une des sources du sentiment subjectif de libre arbitre, il apparaît donc que l'enchevêtrement du connaissant et du connu, qui nous avait amené dans la première section de cet ouvrage à conclure à une dissociation

9. *Éthique* III, définition 1.

entre déterminisme et prédictibilité, lève ici l'incompatibilité apparente entre la possibilité d'un sentiment subjectif de libre arbitre et celle d'une évolution déterministe du monde.

La notion de *sophistication infinie* développée par Moshe Koppel et Henri Atlan[10], c'est-à-dire non programmable de façon finie, permet par ailleurs de rendre compte de façon formelle et dans un cadre déterministe de la possibilité de création indéfinie de nouvelles significations par interprétation[11], faisant de chacun de nous une source de nouveauté. Pour reprendre un mot de René Thom, « le déterminisme, c'est nous-mêmes[12] » ; et de nous-mêmes doivent venir l'« action libératrice » et le renouveau.

L'« action libératrice » évoquée par Misrahi se prolonge au niveau du corps politique et social dans son ensemble et peut s'envisager comme le développement d'une connaissance collective réflexive, c'est-à-dire une connaissance des modes d'organisation et des dynamiques de ces corps, partagée entre toutes les entités qui les composent. Encore faut-il que des lois ou tout du moins des régularités existent pour ces systèmes adaptatifs complexes. Le caractère indécidable de cette interrogation a été évoqué dans la première partie de cet ouvrage, notamment dans la contribution de Michel Bitbol. Il est néanmoins possible de proposer une réponse procédurale en reformulant la question : « sous l'hypothèse que les systèmes adaptatifs complexes obéissent à des lois, comment s'y prendre pour les reconstruire ? » Par cette reformulation, tout entière méthodologique, Paul Bourgine nous invite à la construction d'une épistémologie formelle pour nous aider dans la tâche immense, difficile et peut-être sans fin de la science des systèmes complexes : la reconstruction de leurs dynamiques multi-échelles à partir des lois et principes déjà établis d'une part, et des données issues des observations *in vivo* d'autre part.

Les approches formelles « systèmes complexes », telles que celles présentées par Gérard Weisbuch sur un cas particulier, constituent l'une des méthodes de reconstruction permettant d'avoir des connaissances semi-qualitatives et qualitatives sur nous-mêmes en tant que *multitude*. Nous pouvons espérer que l'élaboration d'une épistémologie formelle pour l'étude des systèmes adaptatifs complexes donnera à l'humanité de nouveaux outils pour devenir cause adéquate de ses propres transformations.

---

10. M. KOPPEL et H. ATLAN, « Self-organization and computability », *in* A. CARSETTI (éd.), *Self-Organizing Dynamics and Semantic Structures in Cognitive Systems*, Kluwer Academic Publ., Dordrecht, 2000, p. 201-209.

11. H. ATLAN, *Les Étincelles de hasard,* t. 2, Seuil, Paris, ch. VII, 2003, p. 268.

12. R. THOM, « En guise de conclusion », *in* K. POMIAN (éd.), *La Querelle du déterminisme*, Gallimard, Paris, 1990, p. 147.

Les auteurs

Jean-Claude Ameisen, médecin et chercheur, est professeur d'immunologie à l'université Paris-VII et au Centre hospitalier universitaire Bichat, président du comité d'éthique de l'Inserm et membre du Comité consultatif national d'éthique. Il dirige l'équipe de recherches « Mort cellulaire programmée, pathogenèse du sida et interactions hôtes/agents infectieux » dans l'U552 (INSERM-université Paris-VII).

Henri Atlan est biologiste et philosophe, membre du Comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé de 1983 à 2000. Il est directeur du Centre de recherches en biologie humaine de l'hôpital universitaire Hadassah de Jérusalem, directeur d'études à l'École des hautes études en sciences sociales et professeur émérite aux facultés de médecine des universités de Paris et de Jérusalem. Henri Atlan est l'un des pionniers des théories de la complexité et de l'auto-organisation du vivant. Soulevant les problèmes fondamentaux touchant la vie et la science, savant et philosophe, s'inspirant de Spinoza, il met en regard la science, les textes bibliques, mythologiques, talmudiques, la philosophie. Révélant une réflexion profonde et originale sur la nature complexe des relations entre la science et l'éthique, sa pensée interroge la compatibilité entre la pensée scientifique, tout entière tournée vers les déterminismes, et la compréhension des complexités, source continue d'indéterminismes. Elle contribue grandement à éclairer les questions de société que soulèvent la biologie actuelle, notamment les applications de la génétique, du clonage, les découvertes récentes sur les prions, ou la biologie du développement. Henri Atlan est l'auteur de nombreux ouvrages dont *Entre le cristal et la fumée* (Seuil, 1979), *La Fin du tout génétique ? Nouveaux Paradigmes en biologie* (INRA Éditions, 1999), *Les Étincelles de hasard* (Seuil, 1999 et 2003) et *La Science est-elle inhumaine ? Essai sur la libre nécessité* (Bayard, 2002).

Francis Bailly a été de 1962 à 2004 chercheur, physicien du solide, au CNRS. (Laboratoire de physique du solide de Meudon-Bellevue). En 1973-1974, il a travaillé avec Pierre Résibois au laboratoire dirigé par I. Prigogine, à l'Université libre de Bruxelles. Auteur de nombreux articles scientifiques, il a publié aussi articles et ouvrages dans le domaine de l'épistémologie de la physique : *L'Anneau des disciplines* (1991), dans *Le Sujet et l'objet : confrontations* (CNRS, 1984, ouvrage

collectif), dans *Passion des formes. Hommage à René Thom,* éd. ENS, 1990 (ouvrage collectif), dans *Quantum Mechanics, Mathematics, Cognition and Action* (Kluwer, 2002, ouvrage collectif). Il a par ailleurs édité *Sens et place des connaissances dans la société* (3 volumes, CNRS, 1984-1987).

Louis Bec est né à Alger en 1936. Zoosystémicien diplômé, président de l'Institut scientifique de recherche paranaturaliste, il vit et travaille à Sorgues (France), et développe une recherche qui interroge perfidement les relations entre les domaines artistiques, scientifiques et biotechnologiques. Seul zoosystémicien en titre, il propose une épistémologie fabulatoire basée sur la vie artificielle et la technozoosémiotique. Il a participé à de nombreuses expositions et manifestations internationales et a organisé notamment *Le Vivant et l'Artificiel* au Festival d'Avignon en 1984 et *Art/cognition* en 1992 à Aix-en-Provence, *Avignonumérique/Les mutalogues* pour Avignon, ville européenne de la culture 2000 et plusieurs projets européens (E-Galab, Alterne, Locus).

Paul Bourgine est directeur du Centre de recherche en épistémologie appliquée de l'École polytechnique (CREA) et directeur de l'Institut des systèmes complexes de Paris Île-de-France (http://iscpif.fr). Docteur en économie et en sciences cognitives, il a publié notamment *Towards a Practice of Autonomous Systems* (MIT-Press, 1992 avec Francisco Varela) et *Cognitive Economics : an Interdisciplinary Approach* (2004, avec Jean-Pierre Nadal). Fondateur de la Complex Systems Society, il participe activement au développement de la science des systèmes complexes au niveau national et international.

Laurent Bove est professeur de philosophie à l'université d'Amiens, chercheur de l'UMR 5037 du CNRS (ENS lettres et sciences humaines). Ses travaux portent sur le spinozisme, les moralistes français, l'éthique et la politique, de la Renaissance à l'Âge classique. Il a notamment publié *La Stratégie du conatus. Affirmation et résistance chez Spinoza* ; une nouvelle édition du *Traité politique de Spinoza* au Livre de Poche ; *Camus. De l'absurde à l'amour* (en collaboration) ; il a également dirigé plusieurs ouvrages dont *Vauvenargues. Philosophie de la force active, critique et anthropologie* (Champion, 2000) ; *Le Philosophe, le sage et le politique* (Éd. de Saint-Étienne, 2002) ; *Qu'est-ce que les lumières radicales ?* (Amsterdam, 2007) ; *Pascal et Spinoza* (Amsterdam, 2007). Il travaille à l'édition des *Œuvres complètes* de Vauvenargues.

Michel Bitbol est directeur de recherche CNRS au CREA, École polytechnique. Il enseigne la philosophie de la connaissance à l'université Paris-I. Il a obtenu successivement un doctorat de médecine, un doctorat de physique, et une habilitation à diriger des recherches en philosophie. Il a poursuivi des recherches en biophysique de 1978 à 1990. Depuis, il s'est tourné vers la philosophie de la physique. Il a publié plusieurs essais, dont *Mécanique quantique, une introduction philosophique* (Champs-Flammarion, 1997), et *Physique et philosophie de l'esprit* (Flammarion, 2000). Il a reçu en 1997 le prix Grammaticakis-Neumann de philosophie des sciences à l'Académie des sciences morales et politiques. *Site Internet :* http://perso.wanadoo.fr/michel.bitbol/page.garde.liste.html

David Chavalarias est normalien, agrégé de mathématiques et docteur de l'École polytechnique en sciences cognitives. Il est chercheur au CREA dans le domaine de la cognition sociale, interaction entre les sciences cognitives et la science des systèmes complexes. Vice-président et secrétaire de la Complex Systems Society (www.cssociety.org), il est l'un des principaux collaborateurs

des feuilles de routes nationale et européenne « Systèmes complexes ». *Site Internet :* http://chavalarias.com.

Claude Cohen-Boulakia est poétesse, docteur en philosophie, travaille sur le « corps ». Elle a publié *L'Utérus du Christ* (éd. Galilée, 1978), *Le Mal ? La Mort* (éd. E.D.K., 2000), *La Joie d'exister* (éd. E.D.K., 2000). Elle a organisé dans le champ de ses recherches plusieurs colloques à Cerisy qui ont donné lieu à publication dont *Les Figures du Messie* (éd. In Press, 1996) en collaboration avec Shmuel Trigano, *Corps, âme, esprit* (éd. E.D.K., 1996) avec Jacques Gorot et *Spinoza aujourd'hui* (éd. PSP, à paraître) avec Pierre-François Moreau.

Mireille Delmas-Marty est professeur au Collège de France depuis 2002 où elle occupe la chaire d'études juridiques comparatives et internationalisation du droit. Elle a participé comme expert à divers travaux sur l'harmonisation pénale en Europe, notamment en dirigeant le projet Corpus Juris. Elle a également publié une vingtaine d'ouvrages de référence sur le droit pénal, le droit des droits de l'homme et la mondialisation du droit parmi lesquels : *Le Flou du droit* (PUF, 2004) ; *Les Grands Systèmes de politique criminelle* (PUF, 1992) ; *Pour un droit commun* (Seuil, 1994) ; *Vers un droit commun de l'humanité* (Textuel, 2005) ; *Trois Défis pour un droit mondial* (Seuil, 1998) ; *Les Forces imaginantes du droit : (I) Le relatif et l'universel, (II) Le Pluralisme ordonné, (III) La refondation des pouvoirs* (Seuil, 2004-2007) ; *La Chine et la démocratie* (avec P.-E. Will, Fayard, 2007).

Jacques Demongeot est professeur PU/PH au CHU de Grenoble. Il y dirige le pôle de Santé publique et le laboratoire TIMC, UMR UJF/CNRS 5525, ainsi que l'IFRT 130 « Ingénierie pour le vivant ». Il a été membre senior de l'Institut universitaire de France de 1995 à 2005 (chaire de biomathématiques) et a codirigé les DEA, puis dirigé l'École doctorale en ingénierie pour la santé, la cognition et l'environnement (ED 216 EDISCE) de 1982 à 2006. Il est spécialiste de modélisation en biomédecine et a conduit des travaux appliqués au métabolisme énergétique, à la respiration, à la génétique humaine, à l'immunologie et à l'ingénierie biomédicale (en imagerie et en instrumentation).

Roger-Pol Droit est normalien, agrégé de philosophie, docteur d'État. Chercheur au CNRS, il travaille sur les représentations des doctrines non grecques chez les philosophes occidentaux. Chroniqueur au journal *Le Monde*, il publie également des dossiers de philosophie dans *Le Point*. Il a publié une vingtaine d'ouvrages, notamment *L'Oubli de l'Inde. Une amnésie philosophique* et *Le Culte du néant. Les philosophes et le Bouddha* (rééd. Point 2004 et 2005). Certains de ses livres sont traduits dans le monde entier, en particulier *101 expériences de philosophie quotidienne* et *Dernières nouvelles des choses* (Odile Jacob, rééd. 2003 et 2004).

Jean-Pierre Dupuy est philosophe, professeur à l'université Stanford (Californie). Membre de l'Académie des technologies. Il a été professeur à l'École polytechnique, où il a fondé et dirigé deux centres de recherche philosophique : le CREA (Centre de recherche en épistémologie appliquée) et le GRISÉ (Groupe de recherche et d'intervention sur la science et l'éthique). Parmi ses derniers ouvrages : *The Mechanization of the Mind* (2000) ; *Pour un catastrophisme éclairé* (2002) ; *Avions-nous oublié le mal ? Penser la politique après le 11 septembre* (2002) ; *Petite Métaphysique des tsunamis* (2005) ; *Retour de Tchernobyl. Journal d'un homme en colère* (2006).

Eric Goles est professeur à l'université Adolfo Ibañez (Santiago, Chili), et fondateur de l'Institut des systèmes complexes de Valparaiso. Docteur ingénieur (1980) et docteur d'État en mathématiques (1985) de l'université de Grenoble ; membre du CNRS de 1982 à 1987 puis ingénieur de l'université du Chili (1995), il a reçu au Chili le prix national de sciences en 1993. Il a écrit plus de 125 articles et 8 livres. Ses recherches se sont développées dans le domaine de la complexité, des systèmes complexes, des automates cellulaires, des réseaux de neurones et plus généralement en informatique théorique.

André Green est psychanalyste (Société psychanalytique de Paris). Il a été directeur de l'Institut psychanalytique de Paris et président de la Société psychanalytique de Paris. Il est professeur honoraire à la Freud Memorial Chair de University College à Londres et professeur honoraire à la faculté de Buenos Aires. Il est l'auteur de plus d'une vingtaine d'ouvrages, dont notamment *Le Discours vivant*, *La Folie privée*, *Narcissisme de vie*. *Narcissisme de mort*, *Le Travail du négatif*, *Le Temps éclaté* et *Idées directrices pour une psychanalyse contemporaine*.

François Képès est biologiste cellulaire et génomicien. Ses travaux actuels portent sur la dynamique des réseaux macromoléculaires et des compartiments endomembranaires, et sur l'épi-organisation des génomes. Il est directeur de recherche au CNRS, co-fondateur et directeur du programme d'épigénomique (Genopole®), un Institut de la complexité dédié à la discipline émergente de la biologie systémique. Il est membre associé du Centre de recherche en épistémologie appliquée (École polytechnique et CNRS). Auteur de plus de 80 articles scientifiques et éditeur de 10 livres, il a organisé de nombreux congrès internationaux et nationaux et supervise quelques actions et projets européens.

Sébastien Leclercq, ingénieur diplômé en informatique, est doctorant au Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive (CEFE) de Montpellier. Il s'intéresse aux domaines de l'évolution moléculaire et de la bio-informatique, et plus précisément aux éléments répétés des génomes eucaryotes. Il prépare actuellement sa thèse sur la dynamique évolutive des microsatellites.

Annick Lesne est chercheur CNRS au Laboratoire de physique théorique de la matière condensée (Paris-VI) et à l'Institut des hautes études scientifiques. Ses travaux portent sur l'analyse de dynamiques multi-échelles, en particulier par des méthodes de renormalisation, et sur la modélisation mathématique et physique des mécanismes de régulation des systèmes vivants. Elle a publié et édité plusieurs ouvrages dont *Invariances d'échelle (des changements d'état à la turbulence)* (Belin, 2003) avec M. Laguës, *L'Héritage scientifique d'Henri Poincaré* (Belin, 2006) avec E. Charpentier et E. Ghys (dir.) et *Morphogenèse. L'origine des formes,* avec Paul Bourgine (dir.). *Site Internet :* http://www.lptmc.jussieu.fr/users/lesne.

Pierre Livet est professeur à l'université d'Aix-Marseille-I et directeur du Centre de recherches en épistémologie et ergologie comparatives. Il travaille sur la théorie de l'action, sur celle des émotions, sur l'épistémologie des sciences cognitives et sociales (économie et sociologie) et l'ontologie des faits sociaux. Il a publié entre autres : *La Communauté virtuelle* (Éditions de l'Eclat, 1994), *Émotions et rationalité morale* (PUF, 2002), *Qu'est-ce qu'une action ?* (Vrin, 2004), *Les Normes* (Armand Colin, 2006).

Giuseppe Longo est directeur de recherche (DR1) au CNRS près du Laboratoire d'informatique de l'École normale supérieure (LIENS), Paris. Ancien professeur de logique mathématique et d'informatique à l'université de Pise, il a

passé (en tant que chercheur et enseignant) trois ans aux États-Unis, au cours des années 1980 (Berkeley, MIT et Carnegie Mellon University). Auteur de nombreux articles scientifiques, dont les plus récents téléchargeables de http://www.di.ens.fr/users/longo, il a aussi publié le livre *Categories, Types and Structures* (MIT-Press, 1991) et, avec F. Bailly, *Mathématiques et sciences de la nature. La singularité physique du vivant* (Hermann, Paris, 2006).

Paul-Antoine Miquel est maître de conférence, docteur habilité en philosophie à l'université de Nice. Il est membre du Centre de recherche et d'histoire des idées (Nice) et du Centre Cavailès (ENS Paris). Son travail porte sur la philosophie française contemporaine (spécialiste de Bergson), l'épistémologie de la biologie (notamment le concept d'émergence diachronique) et la question des relations entre vie et pouvoir. Il a notamment publié en français : *Comment penser le désordre ?* (Fayard, 2000), *Bio-logiques du vieillissement* (Kimé, 2004), *Qu'est-ce que la vie ?* (Vrin, 2007), *Bergson ou l'imagination métaphysique* (Kimé, 2007).

Robert Misrahi est professeur émérite à l'université Panthéon-Sorbonne-Paris-I. Il est connu pour ses travaux sur Spinoza, dont la traduction et les commentaires de la *Correspondance* dans la collection de la Pléiade et une traduction de l'*Éthique* qui fait référence (*Éthique*, *traduction, introduction, notes et commentaires*, PUF, 1990). Son œuvre philosophique, bien que méconnue, développe une doctrine du sujet comme libre désir, dont l'objectif profond est une éthique de la liberté heureuse (*La Problématique du sujet aujourd'hui,* Encre Marine, 1994 ; *Les Actes de la joie : fonder, aimer, agir*, PUF, 1987). Il expose également une critique radicale des conceptions traditionnelles de l'individu et de la politique (*Existence et démocratie*, PUF, 1995 ; *L'Enthousiasme et la joie au temps de l'exaspération*, entretiens avec Marie de Solemme, Dervy, 1999). En 1996 est paru l'un de ses ouvrages les plus importants : *La Jouissance d'être, essai d'anthropologie philosophique*, aux éditions Encre Marine.

Michel Rocard est député européen, membre de la commission des Affaires étrangères. Ancien Premier ministre de la France, il a écrit plusieurs ouvrages dont *Si la gauche savait*, entretiens avec Georges-Marc Benamou (Robert Laffont, 2005) et *Peut-on réformer la France ?*, coécrit avec Frits Bolkestein (Autrement, 2006).

Jean Sallantin est directeur de recherche au CNRS ; ses travaux scientifiques portent sur l'aide à la découverte scientifique pour des chercheurs assistés par des agents rationnels. Ils ont des applications dans le domaine de l'invention de médicaments et de la négociation en Droit. Ses intérêts philosophiques portent sur l'impact des transactions électroniques sur le monde en philosophie, éthique et psychologie.

Pierre Sonigo, médecin et biologiste, est directeur R & D pour la sécurité alimentaire chez Bio-rad France. Spécialisé en biologie et génétique moléculaire, il a publié en 1984 la séquence complète du génome du virus du sida. Depuis, il a séquencé les génomes de plus d'une douzaine de virus. Il est coauteur, avec Jean-Jacques Kupiec, de *Ni Dieu ni gène*, publié au Seuil (2000, rééd. Points Seuil 2003) sur les modèles utilisés en biologie moléculaire et en immunologie. Avec Isabelle Stengers, il a publié *L'Évolution* (Mot à Mot, EDP Sciences, 2003), une étude critique du darwinisme moderne, des notions de gène et de reproduction et une défense des approches spéculatives en biologie.

John Stewart est né en Angleterre en 1941. Généticien et biologiste de formation, depuis 1987, il travaille essentiellement dans le domaine des sciences cognitives. Il s'intéresse particulièrement à la théorie de l'autopoïèse et de l'énaction, comme fondement épistémologique pour un renouveau paradigmatique à la fois en biologie et en sciences cognitives. Il travaille depuis 1994 dans le groupe Suppléance perceptive à l'Université de technologie de Compiègne, notamment sur la modélisation des stratégies d'exploration perceptive de sujets humains dans une situation expérimentale de substitution sensorielle prothétisée. Ces travaux se veulent une contribution à la philosophie de la technologie, en soulignant l'importance des systèmes techniques pour la constitution de la société dans laquelle nous vivons.

Georges Weil est maître de conférences MCU/PH au CHU de Grenoble. Après avoir travaillé en informatique médicale, plus particulièrement dans le domaine des systèmes d'information hospitaliers et des applications biomédicales de la programmation par contraintes (affectation optimale de ressources, codes cycliques…), il a fondé l'entreprise Equitime, dédiée à l'affectation optimale de ressources humaines dans les entreprises, qui comporte environ 45 personnes. Il a reçu en 2004 le prix Entrepreneur d'une entreprise d'avenir, dans le cadre du grand prix annuel de l'Entrepreneur. Parallèlement à cette activité, il continue à encadrer des thèses au laboratoire TIMC, dont il est issu.

Gérard Weisbuch est directeur de recherche au CNRS et travaille au Laboratoire de physique statistique de l'ENS. Sa spécialité est l'application des méthodes « systèmes complexes » en sciences sociales. Ses travaux récents dans ce cadre ont porté sur les réseaux économiques et sociaux dans leurs aspects empiriques, statiques et dynamiques. Il dirige l'action concertée Systèmes complexes en sciences humaines et en sciences sociales. Il a publié notamment *Complex Systems Dynamics* (Addison Wesley Publishing Company, 1999).

COLLOQUE DE CERISY
Sous la direction de PAUL BOURGINE, DAVID CHAVALARIAS ET CLAUDE COHEN-BOULAKIA

Déterminismes et complexités : du physique à l'éthique

Autour d'Henri Atlan

Le mouvement général des sciences est de fournir les moyens théoriques d'une reconstruction des phénomènes, en élaborant des lois explicitant leurs régularités sous-jacentes. Aujourd'hui, l'attitude générale en sciences repose sur l'*a priori* des déterminismes, quelle que soit leur forme. La pensée humaine, dans ses rapports au monde, est une confrontation permanente aux systèmes complexes qui nous habitent et dans lesquels nous habitons. Chacun des systèmes possède une histoire propre qui le rend singulier et source continue de surprises. On se prend à le penser comme système autonome avec ses lois et ses degrés de liberté interne.

Quand il s'agit de penser l'être humain, la tentation est encore plus forte de lui prêter un libre arbitre. La question fondamentale est donc celle de la compatibilité entre la pensée scientifique en quête de déterminismes, et la compréhension des complexités, génératrice d'indéterminismes. Comment obtenir une conciliation quand, de la physique à l'éthique, en passant par la cellule biologique, les êtres multicellulaires et les sociétés, on remonte les niveaux d'organisation ? Peut-on y parvenir quant à l'être humain et la société sans remettre en question certains aspects cruciaux comme la responsabilité et l'éthique ?

Ce livre a pour but de revisiter ce débat fondamental, auquel Henri Atlan a consacré une grande partie de son œuvre, en s'appuyant, d'une part, sur les approches récentes de la modélisation des systèmes complexes et, d'autre part, sur la tradition philosophique multimillénaire.

■ *Paul Bourgine est directeur du Centre de recherches en épistémologie appliquée de l'École polytechnique (CREA) et directeur de l'Institut des systèmes complexes de Paris Île-de-France.* ■ *David Chavalarias est docteur de l'École polytechnique en sciences cognitives, chercheur au CREA et vice-président de la Complex Systems Society.* ■ *Claude Cohen-Boulakia est poétesse, docteur en philosophie.*

Avec des contributions de : Henri Atlan, Jean-Claude Ameisen, Francis Bailly, Louis Bec, Michel Bitbol, Laurent Bove, Mireille Delmas-Marty, Jacques Demongeot, Roger-Pol Droit, Jean-Pierre Dupuy, Eric Goles, André Green, François Képès, Sébastien Leclercq, Annick Lesne, Pierre Livet, Giuseppe Longo, Paul-Antoine Miquel, Robert Misrahi, Michel Rocard, Jean Sallantin, Pierre Sonigo, John Stewart, Georges Weil et Gérard Weisbuch.

DANGER LE PHOTOCOPILLAGE TUE LE LIVRE

9 782707 150905

Éditions La Découverte **9 *bis*, rue Abel-Hovelacque** **75013 Paris**

ISBN 978-2-7071-5090-5 www.editionsladecouverte.fr **32 €**